

분말사출성형을 이용한 초경 엔드밀 블랭크 제작에 관한 연구

A Study About WC End-mill Blank Manufacturing Using Powder Injection Molding

*김종한¹, #고태조², 김희술², 윤인준³

*J. H. Kim¹, #T. J. Ko(tjko@yu.ac.kr)², H. S. Kim², I. J. Yoon³

¹영남대학교 대학원 기계공학과, ²영남대학교 기계공학부, ³(주)한국OSG

Key words : Powder Injection Molding(PIM), Endmill

1. 서론

엔드밀 공구는 부품소재 산업에서부터 금형과 관련된 기계공업 전반에 걸쳐 폭넓게 사용되고 있으며, 자동차, 조선, 항공 등 첨단산업의 핵심 분야인 동시에 기초산업이다.

현재까지의 엔드밀 제조는 모든 공정이 연삭 작업에 의해 이루어지고 있다. 원재료인 환봉을 자르는 작업에서부터 마지막 공정인 날부 가공에까지 모든 작업이 연삭숫돌에 의한 연삭작업이다. 이는 재료의 손실뿐만 아니라 공정 시간이 매우 긴 단점이 있다. 특히 흠황삭 공정은 전체 공정의 30~55% 정도를 차지할 정도로 가공 시간이 매우 길며 재료 손실 또한 매우 크다. 사출성형을 이용하여 흠황삭 공정을 줄인다면 공정 시간을 대폭 감소시킬 수 있을뿐만 아니라 재료 손실을 크게 줄일 수 있다. 뿐만 아니라 한번의 금형 제작으로 대량 생산이 가능하게 되므로 단위 시간당 생산량에서도 매우 큰 이점이 있다. 그리고 연삭 작업에 필요한 절삭유를 없앨 수 있으므로 친환경적이라고 할 수 있다.

분말사출성형(Powder Injection Molding)은 분말 야금과 사출 성형을 혼합한 성형법이다. 사출 시 유동을 좋게 하기 위해 금속 분말에 고분자 화합물인 바인더(Binder)를 섞어 피드스탁(Feedstock)을 만든다. 사출 후 탈지(Debinding)와 소결(Sintering) 공정을 거쳐 최종 제품을 만들어 낸다. 현재까지 분말사출성형 기술을 이용하여 내마모성 초경재료를 사용한 제품은 치수 정밀도가 그리 높지 않으며, 현재까지 절삭공구를 분말사출성형으로 제조·판매하는 곳은 전무하다.

본 연구에서는 엔드밀 제작에 분말사출성형법을 적용하여 제조 공정 중 작업 시간이 가장 긴 흠황삭 공정을 줄여 엔드밀 제조 공정을 획기적으로 줄이고자 한다.

2. 금형제작

금형 제작 전 사출 성형 해석을 통해 발생가능한 문제점을 파악하였고, 이를 금형 제작에 피드백하였다. 게이트 위치를 엔드밀의 목부와 생크 뒷부분의 2가지 경우로 해석하여 그 결과 유동이나 휨현상 등에서 게이트 위치가 생크 뒷부분에 있는 것이 유리한 것으로 판단되었다. 그리고 수축과 바인더의 양을 고려하여 최종 $\Phi 8$ 의 제품이 되도록 코어의 직경을 $\Phi 12$ 로 제작하였다.

금형제작에서 가장 큰 문제점은 헬리컬 홈형상의 코어 제작과, 사출 후 헬리컬 형상의 제품 취출에 있다. 코어는 엔드밀 3D 스캐닝을 통해 형상을 역설계하고, 구리합금을 레이저 적층을 이용하여 제작하였다. Fig. 1은 구리합금 적층을 이용하여 코어를 제작하는 그림이며 Fig. 2는 3D 스캐닝을 이용하여 형상을 역설계하는 그림이다. 제품 취출 시 금형 분리의 문제점은 엔드밀의 목부에서 금형의 분리가 이루어지도록 하여 헬리컬 형상의 날부는 블랭크의 회전에 의해 취출이 가능하도록 설계하였다.

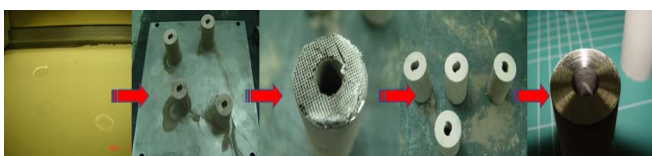


Fig. 1 Pictures of core manufacturing

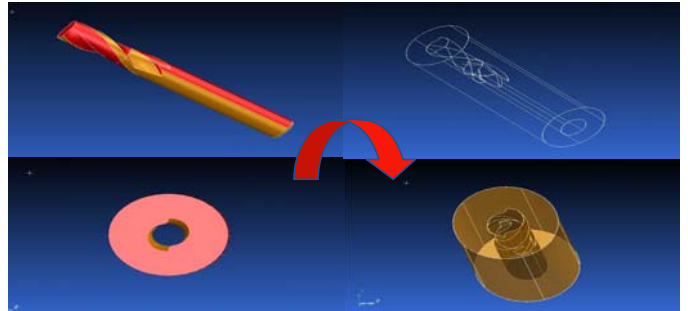


Fig. 2 Reverse design of endmill core

3. 엔드밀 제작

초경 분말과 바인더 혼합 후 사출성형과 탈지·소결 공정을 거쳐 엔드밀을 제작하였다. 사출성형 시 미충진 현상이 발생하여 사출 압력과 보압 압력을 서서히 높여가며 사출을 하였다. Fig. 3은 사출성형과 취출 시 금형의 분리를 보여주는 그림이다. 그림에서와 같이 취출 시 금형은 엔드밀의 목부에서 분리되며, 사출된 엔드밀을 회전시켜 금형에서 분리해 낸다.



Fig. 3 Pictures of injection molding



Fig. 4 Size comparison of injected and sintered endmill

사출된 엔드밀은 탈지·소결 공정을 거치고 최종적으로 외주날 가공을 통해 완전한 엔드밀 형상을 가진다. Fig. 4는 피드스탁으로 사출한 엔드밀과 탈지·소결 공정 후의 엔드밀 크기를 비교한 것이다. 탈지·소결 공정에서 사출 시 유동을 좋게 하기 위해 첨가한 바인더를 제거했기 때문에 부피 수축이 크게 일어난다.

제작된 엔드밀은 홈형상 부분만 만들어진 상태이므로 날부 가공을 해야한다. 엔드밀 날부까지 사출로 제작하기는 매우 어려우므로 최종 공정인 외주날과 바닥날 가공은 연삭 가공을 하였다. Fig. 5는 외주날과 바닥날 가공을 끝낸 엔드밀 그림이

다.

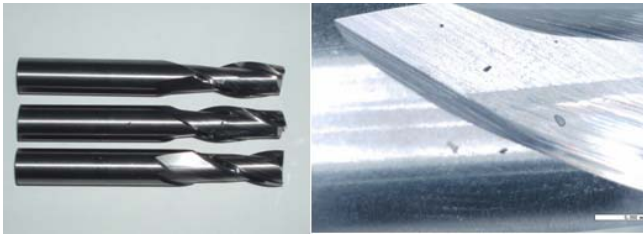


Fig. 5 Pictures of endmill after finish grinding

4. 절삭 실험

절삭 실험은 분말사출로 제작된 엔드밀과 기존의 연삭에 의해 제작된 엔드밀을 동일 조건으로 실시하였다.

Table. 1 Cutting condition

Cutting Condition	RPM		2000rpm
	Feed Rate		167 mm/min
	Depth of Cut	Ad	8.0 mm
Rd		0.6 mm	
Tool	Tool Dia.		Ø8
Workpiece	Material		S45C
	Hardness		HRC5~7
Cutting Methods	Machine		KV45
	Holder		BT40-CTA20-60
	Oil		solubility in water (EZ33)

절삭 조건은 Table .1과 같다. 15m를 가공한 후 공구 마모를 측정하였다. Fig. 6과 같이 분말사출로 제작된 엔드밀의 공구 마모량이 적은 것으로 나타났다. 하지만 15m 이후 가공에서는 분말사출 엔드밀의 마모가 급격하게 증가하였으며, 가공 중 피삭재의 표면조도 또한 기존의 연삭 엔드밀로 가공한 표면보다 좋지 않았다. 이는 일반적인 공구마모 상태가 아니라 공구 끝부분이 탈락되어 파손되었다. Fig. 7과 Fig. 8은 3m 절삭 때마다 공구 마모를 나타내는 사진이다. Fig. 7은 공구 바닥날의 마모이고, Fig. 8은 공구 외주날의 마모사진이다.

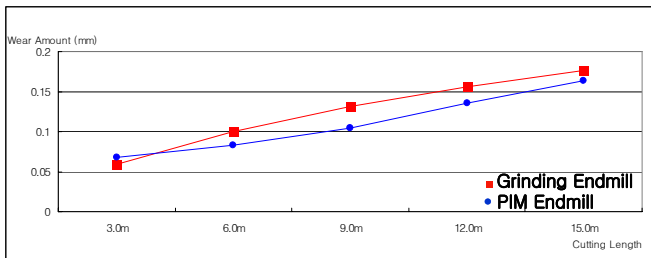


Fig. 6 Graph of the wear comparison between grinding and injection molding endmill

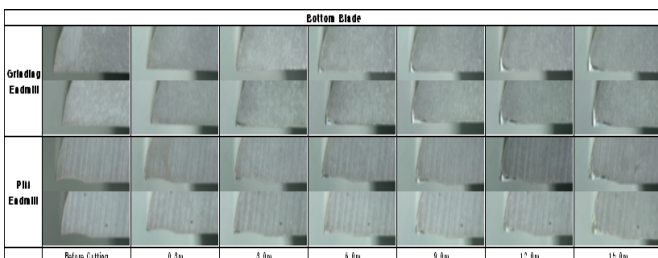


Fig. 7 The picture of bottom blade wear of endmill

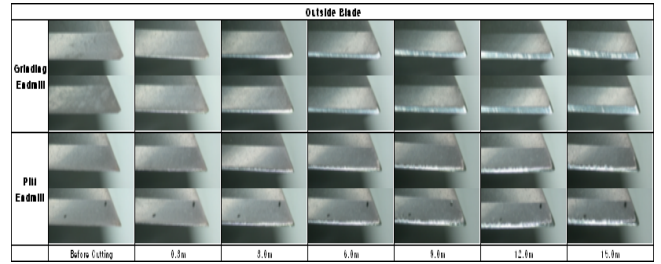


Fig. 8 The picture of outside blade wear of endmill

5. 결론

제작된 엔드밀의 형상은 매우 우수하였다. 하지만 Fig. 5의 오른쪽 그림과 같이 엔드밀 날부 등에서 작은 기공들이 발생되었다. 절삭실험 시 이러한 기공들로 인해 피삭재의 표면조도가 매우 좋지 않았으며, 일정길이 가공 후 공구의 급격한 마모 및 파손 현상이 발생하였다. 향후 기공발생의 문제와 엔드밀의 강도 개선이 요구된다.

절삭공구인 엔드밀을 연삭이 아닌 분말사출성형을 이용하여 제작해 보았으며, 그 가능성을 확인해보았다. 향후 강도 개선 등의 문제를 보완한다면 보다 우수한 엔드밀을 제작할 수 있을 것으로 기대한다.

6. 후기

본 연구는 중소기업청 기술혁신 전략과제의 일환으로 수행되었으며, 특허 제10-0598624호, 제10-0645477호에 의해 보호되고 있습니다.

참고문헌

1. Randall M. German and Aniesh Bose. "Injection Molding of Metals and Ceramics", Metal and Powder industries Federation, 1997
2. BEEBHAS, C. MUTSUDDY AND RENEE G. FORD. "Ceramic Injection Molding", Chapman & Hall, 1995
3. Randall M. German, Helmut Wiesner, Robert G. "Powder Injection Molding Technologies", Innovative Material Solutions, Inc, 1998
4. 박주배, 권태현, "분말사출성형 충전공정의 유한요소 해석", 대한기계학회92년도 춘계학술대회논문집(I), pp.434-439, 1992
5. Xuanhui Qu, Jianxiang Gao, Mingli Qin and Changming Lei., "Application of a wax-based binder in PIM of WC-TiC-Co cemented carbides", International Journal of Refractory Metals & Hard Materials", pp273-277, 2005